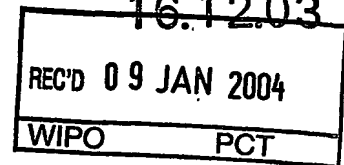


PCT/JP03/16081

16.12.03

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年12月17日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-364546

[ST. 10/C]: [JP2002-364546]

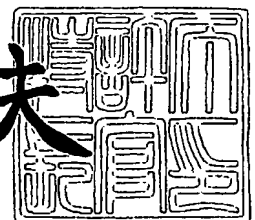
出 願 人  
Applicant(s): 住友化学工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月17日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2003-3094710

【書類名】 特許願

【整理番号】 155132

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/331  
H01L 29/73  
H01L 29/737

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市北原 6 番 住友化学工業株式会社内

【氏名】 井上 聡

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市北原 6 番 住友化学工業株式会社内

【氏名】 秦 雅彦

【特許出願人】

【識別番号】 000002093

【氏名又は名称】 住友化学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077540

【弁理士】

【氏名又は名称】 高野 昌俊

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 060336

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0013944

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子デバイス用半導体材料及びこれを用いた半導体素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コレクタ層、ベース層及びエミッタ層を有するバイポーラトランジスタ構造を備えた半導体材料において、前記ベース層が、所要のキャリア濃度を有する第1の層と、該第1の層のキャリア濃度より低いキャリア濃度を有する第2の層とを備えたことを特徴とする半導体材料。

【請求項2】 前記第2の層の層厚が1000 Å以下である請求項1記載の半導体材料。

【請求項3】 バイポーラトランジスタ構造を備えた半導体材料であって、半導体基板上にコレクタ層、ベース層、エミッタ層が形成されており、前記ベース層が、所要のキャリア濃度を有する第1の層と、該第1の層のキャリア濃度より低いキャリア濃度を有する第2の層とを備えたことを特徴とする半導体材料。

【請求項4】 前記半導体基板上に設けられる各層が薄膜層として形成されている請求項3記載の半導体材料。

【請求項5】 前記半導体基板が、GaAs基板又はInP基板である請求項3記載の半導体材料。

【請求項6】 前記エミッタ層と前記ベース層とが異なる材料を用いて成り、ヘテロ接合されている請求項4記載の半導体材料。

【請求項7】 請求項1～6のいずれかの半導体材料を用いて作製した半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【特許文献1】

特開平6-267867号公報

【0002】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子デバイス用半導体材料及びこれを用いた半導体素子に関するも

のである。

### 【0003】

#### 【従来の技術】

例えば、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層を備え、各層間において形成されるpn接合特性を利用する各種の電子デバイスが広く利用されている。このような半導体電子デバイスにあっては、通電によるデバイスの発熱により、同一のコレクタ電流であっても増幅率が低下してしまう、あるいは同一のベース－エミッタ電圧であってもコレクタ電流が増加してしまう等の回路動作に悪影響を及ぼす特性変化を生じさせる。このような熱的要因に基づく特性変化は半導体の一般的特性であり、従来においては、電子デバイス自身の構造はそのままにして、熱的变化による増幅率やコレクタ電流の変動を外部回路における回路上の工夫によりこれを抑えているのが一般的である（特許文献1）。

### 【0004】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、外部回路における回路上の工夫によって熱的要因における電子デバイスの電気的特性の変化を補償しようとする、外部回路の規模がその分大きくなり、微細化を妨げ装置の小型化を阻害する一因ともなっている。また、外部回路における回路上の工夫により熱的に安定な動作をさせようとする場合には、広い動作範囲に亘って所要の動作特性を確保することが困難である場合が生じるなど、必ずしも満足のいく結果を得ることができないという問題点も有している。

### 【0005】

本発明の目的は、熱的安定性に優れた特性を有する電子デバイスを製造することができる半導体材料、及びこれを用いた半導体素子を提供することにある。

### 【0006】

#### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明者等は、種々実験し検討を重ねた結果、バイポーラトランジスタのベース層内にキャリア濃度の低い層を形成すると、電流増幅率の温度依存性を小さく抑えることができることを見だし、この知見に基づいて本発明をなすに至ったものである。

## 【0007】

請求項1の発明によれば、コレクタ層、ベース層及びエミッタ層を有するバイポーラトランジスタ構造を備えた半導体材料において、前記ベース層が、所要のキャリア濃度を有する第1の層と、該第1の層のキャリア濃度より低いキャリア濃度を有する第2の層とを備えたことを特徴とする半導体材料が提案される。

## 【0008】

請求項2の発明によれば、請求項1の発明において、前記第2の層の層厚が1000 Å以下である半導体材料が提案される。

## 【0009】

請求項3の発明によれば、バイポーラトランジスタ構造を備えた半導体材料であって、半導体基板上にコレクタ層、ベース層、エミッタ層が形成されており、前記ベース層が、所要のキャリア濃度を有する第1の層と、該第1の層のキャリア濃度より低いキャリア濃度を有する第2の層とを備えたことを特徴とする半導体材料が提案される。

## 【0010】

請求項4の発明によれば、前記半導体基板上に設けられる各層が薄膜層として形成されている半導体材料が提案される。

## 【0011】

請求項5の発明によれば、請求項3の発明において、前記半導体基板が、GaAs基板又はInP基板である半導体材料が提案される。

## 【0012】

請求項6の発明によれば、請求項4の発明において、前記エミッタ層と前記ベース層とが異なる材料を用いて成り、ヘテロ接合されている半導体材料が提案される。

## 【0013】

請求項7の発明によれば、請求項1～6のいずれかの半導体材料を用いて作製した半導体素子が提案される。

## 【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例につき詳細に説明する。

#### 【0015】

図1は、本発明による半導体材料の実施の形態の一例を示す断面図である。半導体材料1は、本実施の形態では、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ(HBT)を作製するためのエピタキシャル基板の例であり、半絶縁性GaAs基板2の上にはコレクタ層3が形成されている。コレクタ層3は、キャリア濃度が約 $10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の $n^+$ -GaAs層31と、ノンドープGaAs層32とが図示の如く成層されて成っている。

#### 【0016】

そして、コレクタ層3の上には、ベース層4が形成されている。ベース層4は、ベース層として働くのに必要な所要のキャリア濃度を有する下部ベース層41及び上部ベース層42と、下部ベース層41と上部ベース層42との間に設けられてバラスト作用を奏するキャリア濃度の低い低キャリア濃度層43とから成っている。

#### 【0017】

本実施の形態では、下部ベース層41及び上部ベース層42(第1の層)はそれぞれ $p^+$ -GaAs層として形成され、キャリア濃度はいずれも通常 $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ である。一方、低キャリア濃度層43(第2の層)はドーパント原料を供給せずにGaAsを形成して作製され、キャリア濃度は通常 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 以下であり、その層厚は $200 \text{ \AA}$ となっている。しかし、低キャリア濃度層43の層厚は、これに限定されるものではなく、 $50 \text{ \AA} \sim 1000 \text{ \AA}$ の範囲内とすることができる。

#### 【0018】

低キャリア濃度層43はベースのその他の部分(第1の層)である下部ベース層41及び上部ベース層42よりもキャリア濃度の低いp型の半導体層として作成される。p型キャリアを持つ半導体では、キャリア濃度が低い方がバンドのエネルギーの高さが低くなる。本発明に於ける温度特性の改善は後述するように、バンドエネルギーが低い層を加えたことにより生じると推測している。したがって、ベース層のその他の部分である下部ベース層41及び上部ベース層42のキ

キャリア濃度が約  $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  であることから、低キャリア濃度層 43 は、下部ベース層 41 及び上部ベース層 42 のキャリア濃度よりも 1桁低い  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下のキャリア濃度であれば、本発明の目的とする効果が得られると考えられる。またこの場合 n 型のキャリアを持つ半導体であってもバンドがベース部分よりも低くなることとなり、p 型の低キャリア濃度層の場合と同様の効果が予測される。

#### 【0019】

ベース層 4 の上には、エミッタ層 5 が形成されている。エミッタ層 5 は、キャリア濃度が  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  台程度の  $\text{n-InGaP}$  層 51 と、キャリア濃度が  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  台程度の  $\text{n}^+-\text{GaAs}$  層 52 と、キャリア濃度が  $10^{18} \text{ cm}^{-3}$  台程度の  $\text{n}^+-\text{GaAs}$  層 53 とから成っている。

#### 【0020】

$\text{GaAs}$  基板 2 上に上述の如くして設けられたコレクタ層 3、ベース層 4 及びエミッタ層 5 は、公知の適宜の手段により形成することができる。すなわち、有機金属熱分解法 (MOCVD 法) による気相成長、分子線エピタキシャル成長法 (MBE 法) あるいはその他の適宜の気相成長法を各層の形成のために用いることができるし、これらに代えてイオン打ち込み法により形成することもできる。また、単結晶基板としては、 $\text{GaAs}$  基板のみならず、 $\text{InP}$  基板を用いてもよいことは勿論である。

#### 【0021】

上記説明から判るように、本実施の形態では、ベース層 4 の材料とエミッタ層 5 の材料とは異なっており、これによりベース層 4 とエミッタ層 5 とはヘテロ接合されていて、 $\text{GaAs}$  基板 2 上には、コレクタ層 3 とベース層 4 とエミッタ層 5 とを備えたヘテロ接合トランジスタ (HBT) 構造が形成されている。

#### 【0022】

なお、本実施例では、低キャリア濃度層 43 を下部ベース層 41 と上部ベース層 42 との間に設けた構成としたが、本発明はこの三層積層構造に限定されるものではない。例えば、上部又は下部ベース層 41、42 のいずれか一方を省くこともできる。

## 【0023】

コレクタ層、ベース層及びエミッタ層を有するHBT構造において、ベース層に低キャリア濃度層を設けること、例えば図1に示したように、ベース層4の構成を、所要のキャリア濃度を有する層である下部ベース層41及び上部ベース層42と、これらの層のキャリア濃度より低いキャリア濃度を有する層である低キャリア濃度層43とを備えるように形成することにより、電流増幅率( $\beta$ )の温度依存性、すなわち $\beta$ の温度特性の変化が、低キャリア濃度層43が設けられていない場合に比べ、大幅に改善される。

## 【0024】

異なるp型キャリア濃度の半導体が接合している場合、キャリア濃度の低い方がバンドのエネルギーの高さが低くなる。したがって、本発明においては、低キャリア濃度層43はベース層4のその他の部分である下部ベース層41及び上部ベース層42よりもバンドのエネルギーの高さが低く、電子が滞留し易いと思われる。温度が上昇すると低キャリア濃度層43に滞留していた電子は熱によるエネルギーを受け、低キャリア濃度層43から飛出し易くなる。よって低キャリア濃度層43での電子の滞留が短くなる。

## 【0025】

以上から、低キャリア濃度層43の部分では温度が高いほうが電子が通過し易い。また、HBTでは電子がベース層中を短時間で通過する方が高い増幅率が得られることが一般に知られている。従って、低キャリア濃度層43は温度が高くなると増幅率を上昇させるような働きを持つ。このように温度が高いほど増幅率を高くしようとする働きをもつ層を挿入することによって、通常HBTで問題となる、温度上昇による増幅率の低下を緩和するバラスト効果をもち、よって、温度特性の改善が達成されると推測される。

## 【0026】

したがって、低キャリア濃度層43の層厚及びキャリア濃度は、低キャリア濃度層43による上述のバラスト効果が得られる範囲内であれば、これらの値を適宜に定めることができる。そして、低キャリア濃度層43のキャリアドーパントはp型、n型何れの極性をもつものでもよい。



## 【0027】

## 【実施例】

## (実施例1)

図1に示した構成の、HBT製造用エピタキシャル基板を次のようにして作成した。低キャリア濃度層43の層厚が200Åとなるように作製した。

## 【0028】

MOCVD薄膜作成装置に半絶縁性のGaAs基板2を導入し、AsH<sub>3</sub>ガス及び金属有機化合物を原料としてGaAs基板2の上にn<sup>+</sup>-GaAs層(キャリア濃度約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、ノンドープGaAs層からなるコレクタ層3を形成する。n型のドーパントとしてSiをジシランガスの形で導入しn型のGaAsを形成した。

## 【0029】

次に該コレクタ層3の上に、ベース層4を形成する。該ベース層4は3層に分かれ、下から下部ベース層41、ベースバラスト層としての低キャリア濃度層43及び上部ベース層42からなる。該下部ベース層41、低キャリア濃度層43及び上部ベース層42は其々、p<sup>+</sup>-GaAs層(キャリア濃度約 $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )、キャリア濃度の低いGaAs層、p<sup>+</sup>-GaAs層(キャリア濃度約 $4 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ )からなる。p型のドーパントとしては炭素を用いた。低キャリア濃度層43の膜厚は約200Åとし、本実施例ではキャリア濃度の低いGaAs層を、ドーパントガスの供給をしないことで成長した。

## 【0030】

該ベース層4上に、n-InGaP層(キャリア濃度約 $3 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ )をPH<sub>3</sub>及び有機金属化合物を原料として成長し、その上にn-GaAs層(キャリア濃度約 $3 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ )、n<sup>+</sup>-GaAs層(キャリア濃度約 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )をAsH<sub>3</sub>及び有機金属化合物を原料として成長して、エミッタ層5を形成した。n型のドーパントは該コレクタ層3の場合と同じジシランガスを用いて行った。以上のようにベースバラストを持つHBTを作製しその効果を確認した。

## 【0031】

このエピタキシャル基板を用いてのHBTの作製は次のようであり、作製されたHBTの電流増幅率( $\beta$ )の温度依存性を測定した。その測定結果を図2にグラフとして示した。縦軸は、温度を変えて測定されたHBTの電流増幅率( $\beta$ )の値を、 $23^{\circ}\text{C}$ のときの電流増幅率( $\beta(23^{\circ}\text{C})$ )で割った値である。

#### 【0032】

HBTの作製は、レジストをマスクとして用いエピタキシャル基板にエッチングを行うことによって、サブコレクタ、ベースを露出させる。露出した部分に其々の層とオーミックコンタクトを取る電極を蒸着し、バイポーラトランジスタを形成した。トランジスタ特性の測定はプローバを用いた。

#### 【0033】

##### (実施例2)

低キャリア濃度層43の層厚が $100\text{\AA}$ であることを除いては実施例1の場合と全く同様にして作製されたエピタキシャル基板を用いてHBTを同様にして作製し、製作されたHBTの電流増幅率の温度依存性を測定した。その測定結果を図2にグラフとして示した。

#### 【0034】

##### (比較例)

図1において、低キャリア濃度層43が設けられていないことを除いては実施例1の場合と全く同様にして作製されたエピタキシャル基板を用いてHBTを同様にして作製し、製作されたHBTの電流増幅率の温度依存性を測定した。その測定結果を図2にグラフとして示した。

#### 【0035】

図2に示したグラフから、低キャリア濃度層43を設けない従来のHBTに比べ、低キャリア濃度層43を設けたHBTの方が、電流増幅率の最大値 $\beta_{\text{max}}$ の温度安定性が向上していることが判る。また、低キャリア濃度層43の層厚が $200\text{\AA}$ と $100\text{\AA}$ との場合を比べると、層厚が $200\text{\AA}$ の場合の方がその温度安定性がより改善されることが判る。

#### 【0036】

さらに詳細に説明すると、実施例においては低キャリア濃度層43の膜厚を1

00 Å及び200 Åにした場合の例を示した。これらの実施例及び比較例についてのHBTの増幅率( $\beta$ )の温度特性の結果を示す図2から判るように、低キャリア濃度層43の膜厚が100 Åで既に比較例と比べて $\beta$ の温度依存性を十分に少なくする効果が現れており、また、低キャリア濃度層43の膜厚を200 Åにするとよりその効果が大きくなる。したがって、低キャリア濃度層43の膜厚が100 Åよりも薄い場合から、200 Åよりも厚いところまで $\beta$ の温度特性の変化を少なくする効果が得られることが判る。低キャリア濃度層43の膜厚が大きいがより効果があるが、低キャリア濃度層43の膜厚が1000 Å以上になると、この部分で捉えられる電子が抜け出しにくくなり、 $\beta$ が低下したり、 $\beta$ の温度特性の変化を少なくする効果が充分でなくなり、期待する効果が得られなくなる。また、膜厚の制御の点から低キャリア濃度層43の膜厚を50 Å以下にすることは現実的でなく、その上 $\beta$ の温度依存性を少なくする効果も小さくなり、本発明の目的を到達しなくなる。以上のことから、目的とする効果の得られる低キャリア濃度層43の膜厚の範囲は、50 Å～1000 Åである。

#### 【0037】

以上、本発明を説明してきたが、本発明は上述した一例に限定されるものではない。すなわち、本発明はHBTのみに限定して適用されるのではなく、ホモジャンクションバイポーラトランジスタの場合にも、そのベース層の構造を上述の如く、低キャリア濃度層を含むようにすれば、同様にして、温度依存性の少ないトランジスタ特性の素子とすることができる。

#### 【0038】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、上述の如く、各種のバイポーラトランジスタ構造のベース層に低キャリア濃度の層を設けることにより、トランジスタ特性の熱的安定性を確保することができるので、温度特性の良好な各種電子デバイスを製作するのに役立つ半導体材料を提供できる。また、この半導体材料を用いてバイポーラトランジスタを製作することにより、動作中の電流による発熱による特性変化を抑制し、温度変化に対して、安定な性能を持つバイポーラトランジスタを得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図 1】

本発明による半導体材料の実施の形態の一例を示す断面図。

## 【図 2】

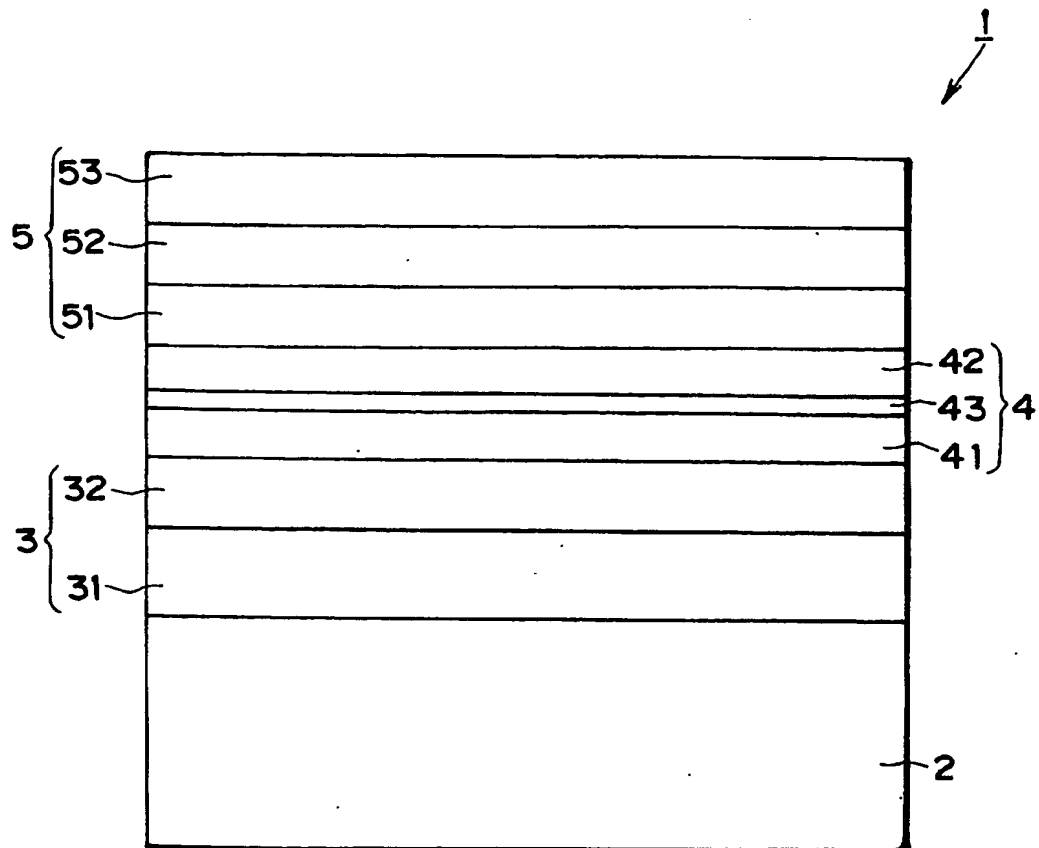
本発明の実施例及び比較例における H B T 電流増幅率の温度依存性の測定結果を示すグラフ。

## 【符号の説明】

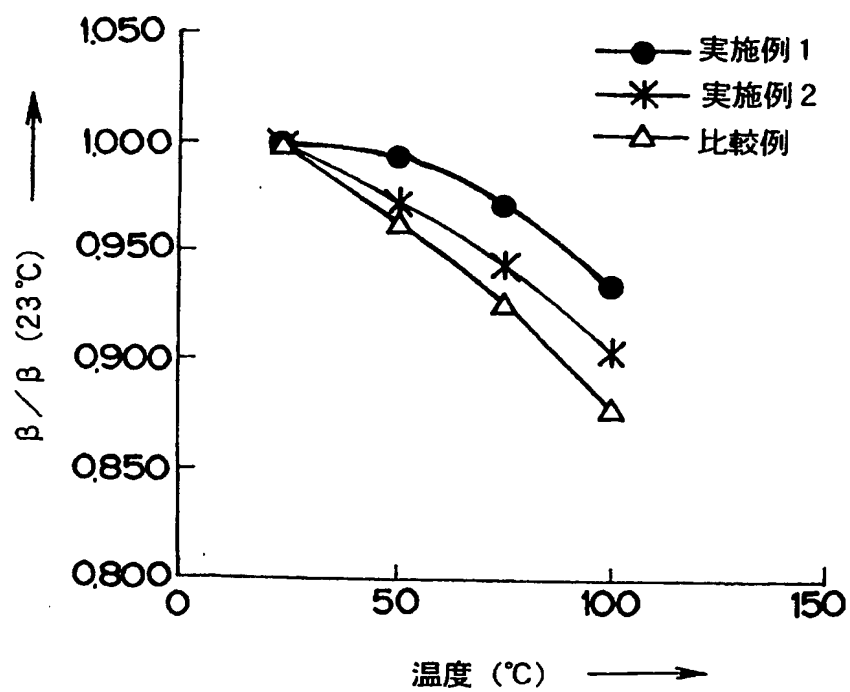
- 1 半導体材料
- 2 GaAs 基板
- 3 コレクタ層
- 31  $n^+$ -GaAs 層
- 32  $i$ -GaAs 層
- 4 ベース層
- 41 下部ベース層
- 42 上部ベース層
- 43 低キャリア濃度層
- 5 エミッタ層
- 51  $n$ -InGaP 層
- 52  $n^+$ -GaAs 層
- 53  $n^+$ -GaAs 層

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱的安定性に優れた特性を有する電子デバイスを製造することができる半導体材料及びこれを用いた半導体素子を提供すること。

【解決手段】 GaAs 基板 2 の上にコレクタ層 3、ベース層 4 及びエミッタ層 5 を有するバイポーラトランジスタ構造を備えたエピタキシャル基板において、ベース層 4 を、所要のキャリア濃度を有する下部ベース層 4 1 及び上部ベース層 4 2 と、下部ベース層 4 1 と上部ベース層 4 2 との間に設けられてバラスト作用を奏するキャリア濃度の小さい低キャリア濃度層 4 3 とから構成した。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 3 6 4 5 4 6
受付番号	5 0 2 0 1 9 0 5 7 4 1
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 4 年 1 2 月 1 8 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成 14 年 12 月 17 日
-------	-------------------

次頁無



特願 2 0 0 2 - 3 6 4 5 4 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 0 9 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜 4 丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友化学工業株式会社